

(4) 新世代インクジェットプリンタヘッド

(採用機種：MAXART PX-20000)

高橋 智明

セイコーエプソン株式会社 Pプロジェクト 部長

1. はじめに

近年、インクジェット技術は家庭やオフィスで用いられるプリンタのみならず、商業や工業用の機器に広く使われている。特に、ピエゾインクジェット技術は、熱を使わず様々な液体を吐出することができるため注目されている。

エプソンのインクジェットプリンタヘッドは、マイクロピエゾテクノロジーを用いたインク滴量可変技術(MSTD: Multi-Sized Dots Technology¹⁾)や高周波数吐出能力など優れた性能を有しており、既に様々な製品で使用されている。しかしながら、商業製品、工業分野いずれにおいても、生産性を向上させるため、よりノズル数が多く性能の高いヘッドが求められていた。

このような要求に答えるため、エプソンは薄膜ピエゾを用いた新世代インクジェットプリントヘッド(MicroPiezo TF ヘッド)を開発し、2007年10月に発売されたラージフォーマットプリンタ MAXART PX-20000(図1)に搭載した。このMicroPiezo TFヘッドは、従来ヘッドに対し2倍のノズル密度とノズル数を有し、高周波数吐出・インク滴量可変・高いインク選択自由度といった従来のマイクロピエゾヘッドの特徴を継承したまま、ヘッドのトータルパフォーマンスを飛躍的に向上させている。



図1 MAXART PX-20000

本稿では、このMicroPiezo TFヘッドの基本構造・特性と、このヘッドを用いたプリンタ製品の特徴について解説する。

2. 従来のマイクロピエゾヘッド

エプソンはこれまでMLChips MACHとMLP MACHと呼ばれる2種類のマイクロピエゾヘッド技術を用いてきた。これらマイクロピエゾヘッドを用いたプリンタは家庭やオフィスで手軽に写真印刷が可能なることを特徴に広くユーザーに受け入れられてきた。

2-1. MLP MACH²⁾

1992年に開発されたプリンタヘッドで、MLP MACHとは積層ピエゾ(Multi-Layer Piezo)を用いた積層アクチュエータヘッド(Multi-layer Actuator Head)を意味する。

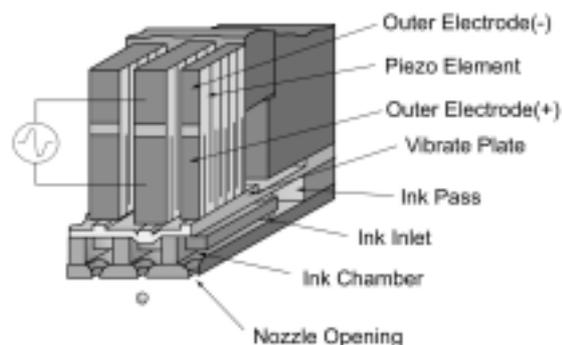


図2 MLP MACHヘッドの構造

図2にMLP MACHの構造を示したが、このヘッドは縦モード或いはPushing Typeといわれる方式を用い、圧力室上の振動板を外から変形させてインク滴を吐出する。MLP MACHに用いられているピエゾ素子は、薄いピエゾ素子を積層することで、大きな変位と加工性・八

ンドリング性の良さを両立させている。また、機械加工によりピエゾ素子を櫛歯状に切り分け、個々の圧力室を独立に加圧制御することが可能になっている。MLP MACH のノズル密度は 180npi (Nozzle Per Inch) である。

2-2. MLChips MACH³⁾

1995 年に開発されたプリンタヘッドで、MLChips MACH とは高集積ピエゾ素子と一体化した多層セラミックス (Multi-Layer Ceramic with Hyper Integrated Piezo Segments) タイプの MACH ヘッドを意味する。

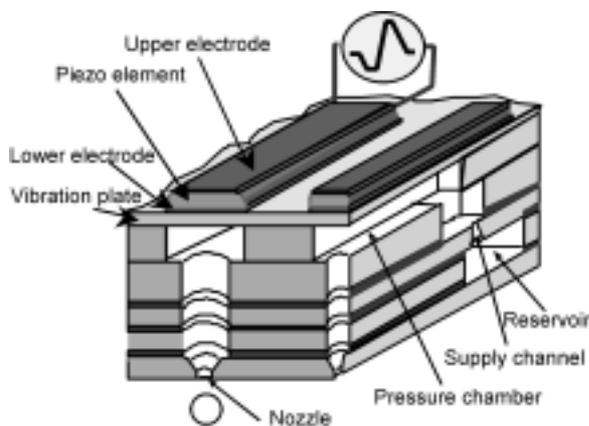


図3 MLChips MACH ヘッドの構造

図3にMLChips MACHの構造を示したが、このヘッドは横モード或いはBending Typeといわれる方式を用い、圧力室上の振動板を撓み変形させてインク滴を吐出する。MLChipsのピエゾ素子は、振動板及び圧力室形成基板と一体焼成されており生産性に優れている。

3. ヘッド性能向上の指針

インクジェットヘッドの性能を向上させる方法には、個々のノズル性能を上げること、ノズル数を増やすことの二つがある。従来のマイクロピエゾヘッドでは、主に個々のノズル性能を向上させることで、高性能化を図ってきたが、インクジェット技術が商業分野や工業分野へ展開するにしたいが、より多くのノズルを有するヘッドが求められるようになってきた。単純にヘッドサイズを大きくするか、複数のヘッドを並べることでノズル数を増やすことは比較的簡単であるが、製造コストの増大と製品の不要な大型化を招いてしまう。

そのため、ノズル密度を向上させ同じサイズでより多くのノズルを有するヘッドが望ましいことは明らかであった。

しかし、前述したように MLP MACH は機械加工によりピエゾ素子をカットしているため、ノズル密度をさらに上げることは困難であった。一方、横モードを用いたインクジェットヘッドの基本構造はシンプルであり高密度化が可能に思えたが、MLChips MACH ではセラミックス焼成を用いており、流路構造も複雑であるため、そのままでは高精度な寸法が要求されるノズル密度向上は困難であった。また、単に平面的な寸法を縮小するだけの高密度化に意味があるのか十分な考察が必要であった。

ピエゾインクジェットヘッドは、ピエゾ素子の変形を圧力室の体積変化(排除体積)に変換し、圧力室内のインクを加圧することによってインク滴を吐出する。排除体積は、圧力室の断面積変化(図4)にアクチュエータ長さをかけて求められる。単に平面的な寸法を詰め高密度化した場合、アクチュエータの変位及び断面積変化が減少し排除体積が減るため、吐出可能なインク滴サイズが小さくなることが予想された。

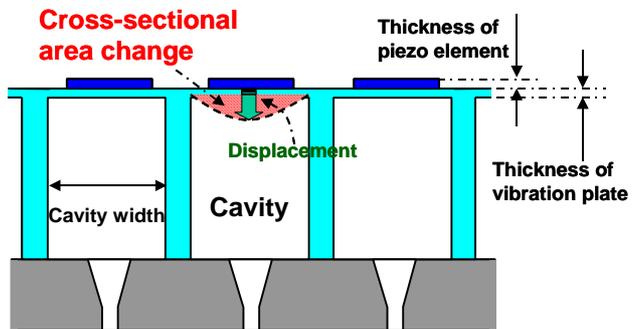


図4 ヘッドの断面構造

3-1. Cavity 幅-特性

まず、Cavity 幅を縮小したときの影響を有限要素法の構造計算結果で見積もった。計算に用いた主な条件を表1に、計算結果のグラフを図5に示す。圧力室(Cavity)の幅が半分になると、アクチュエータ変位は約1/4に、断面積変化は約1/8になる。このことは、単に平面寸法を縮小してノズル密度を倍にした場合、1ノズルあたりの性能は1/8に低下しヘッドトータル

性能が大きく低下することを意味する。

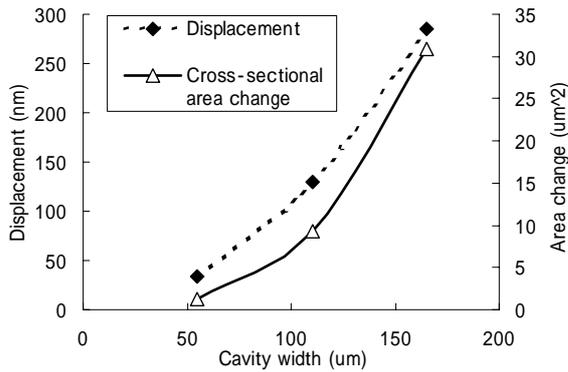


図5 圧力室幅変更、計算結果

Piezo elements thickness	4.0 micron
Vibrating plate thickness	4.0 micron
Electrode thickness	0.1 micron
Cavity width	Parameter
Applied voltage	30 V

表1 圧力室幅変更、計算条件

3-2. アクチュエータ厚-特性

次に、アクチュエータ厚を変更したときの特性変化を見積もった。主な計算条件を表2に、計算結果のグラフを図6に示す。なお、この見積もりにおいては単純化のためピエゾ素子厚と振動板厚は同時に変更し計算を行った。結果は、アクチュエータ厚を1/4にすることで、変位と排除体積は約12倍に増加した。従って、ノズル密度を上げるため Cavity 幅を縮小すると同時にアクチュエータ厚を薄くすることで、1 ノズルあたりの性能を向上できることが分かる。

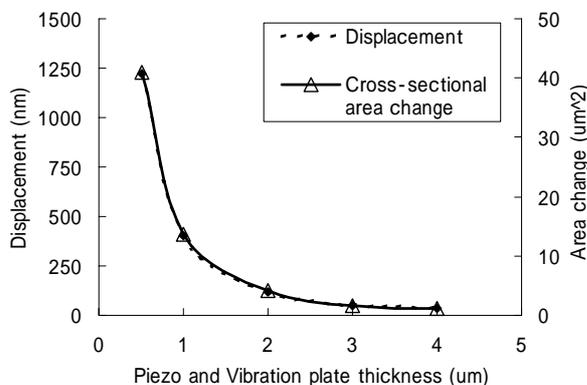


図6 アクチュエータ厚変更、計算結果

Piezo elements thickness	Parameter
Vibrating plate thickness	Parameter, same as above
Electrode thickness	0.1 micron
Cavity width	55 micron
Applied voltage	30 V

表2 アクチュエータ厚変更、計算条件

4. MicroPiezo TF ヘッド

前章で述べた高密度化と特性向上を同時に達成するため、われわれは薄膜(TF: Thin Film)ピエゾの実用化に取り組み、新世代インクジェットプリントヘッド (MicroPiezo TF ヘッド) の開発に成功した。

4-1. MicroPiezo TF ヘッド基本構造

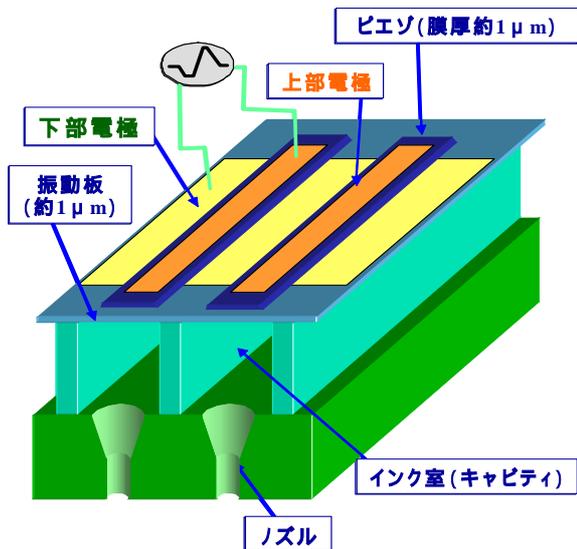


図7 MicroPiezo TF ヘッド基本構造

MicroPiezo TF ヘッドの基本構造は図7に示したように非常にシンプルである。アクチュエータ部分はMLChips MACHと同様の横モードタイプを使用し、CavityはMLP MACHと同様の構造である。しかしながら、1列あたりのノズル密度を360npiと高密度化したにもかかわらず、ピエゾ素子と振動板の厚みをそれぞれ約1μmとすることで、約400nm(25V印加時)変位する高性能アクチュエータを実現している。インクジェットヘッド用アクチュエータとして薄膜ピエゾの実

用化は、高耐圧・高変位ピエゾ材料開発、薄膜加工・フォトリソグラフィ技術、MEMS 技術など、独自の開発・独自の加工技術によりピエゾ素材からヘッド完成体まですべて内製化した結果である。

図 8 に MicroPiezo TF ヘッドのピエゾアクチュエータ部、図 9 に圧力室部の SEM 写真像を示す。それぞれ、高密度・高精度で形成されていることが分かる。

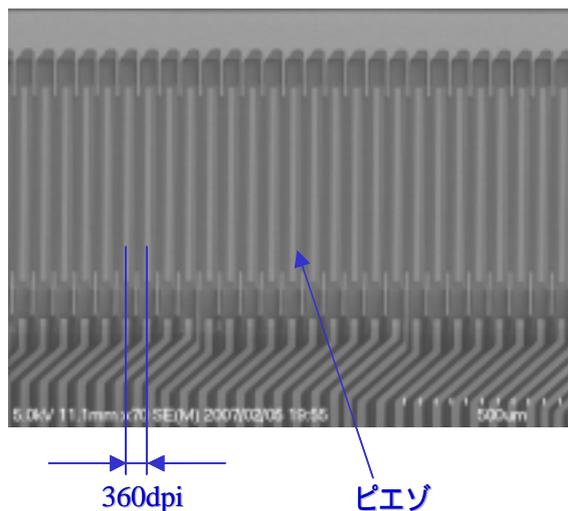


図 8 MicroPiezo TF ヘッドのピエゾ素子

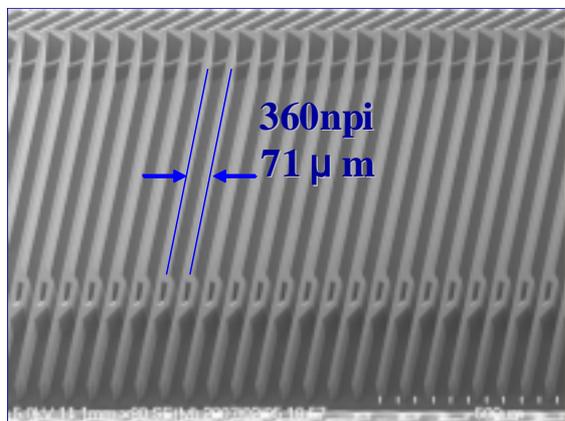


図 9 MicroPiezo TF ヘッドの圧力室

4-2 . MicroPiezo TF ヘッド基本特性

MicroPiezo TF ヘッドではノズル密度を倍に向上させつつ、従来 MicroPiezo ヘッドのインク滴量可変技術 (MSTD: Multi-Sized Dots Technology) や高周波数吐出能力など優れた性能をすべて引き継いでいる。

ピエゾ素子を薄膜化し高変位を得るには、高電界下でもリニアリティー良く変位が増加するピエゾ素子で

なければならない。図 10 と図 11 に駆動電圧に対するインク滴吐出特性変化を示す。図 10(a)は、駆動電圧 - インク滴量特性、図 10(b)は、駆動電圧 - インク滴速度特性、図 11 は、20V 駆動時を基準にした相対値でプロットしたグラフである。

インク滴量、インク滴速度ともにほぼ電圧に比例し増加し、1 μm 厚と極めて薄い MicroPiezo TF ヘッドのピエゾ素子は高電界下でも、リニアリティーを保ち応答していることが分かる。

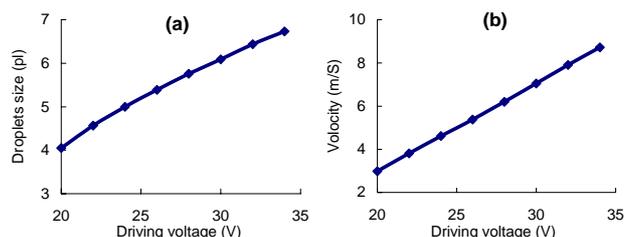


図 10 駆動電圧 - インク滴吐出特性

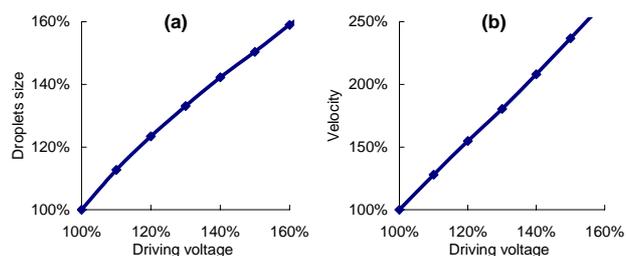


図 11 駆動電圧 - インク滴吐出特性(相対値)

4-3 . インク滴量可変技術(MSTD)

従来 MicroPiezo ヘッドの最も優れた特徴のひとつである MSDT を、MicroPiezo TF ヘッドでも用いることができる。

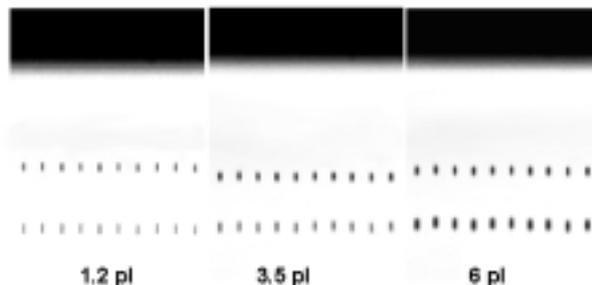


図 12 インク滴量可変技術

図 12 に示した 3 種類のインク滴は、同一のヘッド・

同一のノズル群から吐出されており、インク滴量が異なるにもかかわらず、インク滴速度はいずれも約 7m/S に制御されている。これは、単に駆動電圧を変えるだけではなく、それぞれ最適な駆動波形制御⁴⁾を行っている結果である。

4-4 . 高周波数吐出能力

インク滴吐出周波数をアプリケーションの要求に応じてダイナミックに変更することも可能である。図 13(a)は、5pl のインク滴を約 5m/S、10 kHz で吐出、図 13(b)は、5pl のインク滴を約 7.5m/S、58 kHz で吐出、図 13(c)は、5pl のインク滴を約 7m/S、100 kHz で吐出している様子である。MicroPiezo TF ヘッドが優れた高周波数吐出能力を有していることが分かる。

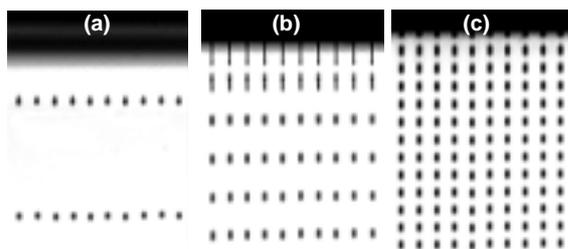


図 13 インク滴量可変技術

4-5 . 着弾コントロール

前述したような薄膜加工・フォトリソグラフィ技術、MEMS 技術を用いることでノズル間特性の均一性を向上させることができる。さらに駆動波形制御で最適なインク滴量・インク滴速度にコントロールすることで、図 14 に示したような、安定しかつ均一なドット着弾形状を得ることが可能である。

5 . PX-20000 製品の特徴

ラージフォーマットプリンタ「PX-20000」は、新世代インクジェットプリントヘッド (MicroPiezo TF ヘッド) を搭載した第 1 号機で、高画質・高生産性を両立したエプソン MAXART シリーズのフラグシップモデルである。

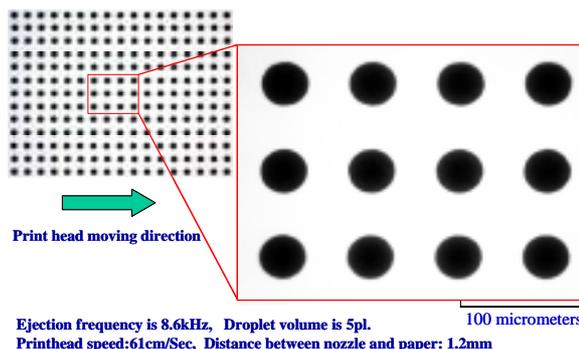


図 14 ドット形状

さらに「PX-20000」は、新開発の「VM (ビビッドマゼンタ) インクテクノロジー」を搭載し、定評の「PX-P/K3 インク」の特長はそのままに、新開発の“ビビッドマゼンタ”、“ビビッドライトマゼンタ”インクにより、8色インクでの色再現性をさらに拡大した。これまで色再現が難しかった、深い海の青や彩度の高いピンクに代表される青やマゼンタの色域拡大を実現した。また、光源環境の違いにより生じる「光源依存性」をさらに低減し、異なった光源下でも安定した色を保ち、常に高品位な出力物を得ることができる。

また、「PX-20000」は、自動ノズルチェックシステムにより、ドット抜けを素早く検出、自動ヘッドクリーニングとの組み合わせで常に安定した高画質プリントを実現し、印刷枚数が多い場合や長時間にわたって出力する場合でも、出力中の余計な気遣いや手間をかける心配も不要となった。そのほか印刷ビジネスを支えるための特長として、ランニングコストを低減する「大容量インク」、出力時にメディア情報を記録することで、用紙の途中切替えも安心な「バーコード印刷機能」、内巻きか外巻きかを選択できる「自動巻き取りユニット」、1本でノーマル、ハイテンションの切替えができる「デュアルテンションスピンドル」も備えるなど、ユーザービリティにも配慮した製品である。

6 . おわりに

インクジェットヘッドのトータル性能を上げるには 1 ノズルあたりの性能を低下させることなくノズルを高密度化しノズル数を増やす必要があること、約 1 μm

厚のピエゾ素子を用いノズル性能の向上と高密度化を両立した新世代インクジェットプリントヘッド (MicroPiezo TF ヘッド) の基本構造と特性、及び、本ヘッド搭載製品 PX-20000 の特徴を解説した。

この新世代インクジェットプリントヘッド (MicroPiezo TF ヘッド) を用いることで、今後各種製品の高速化・小型化が可能になるとともに、商業・産業分野のアプリケーションにおいても生産性の飛躍的な向上に寄与していけるものと確信している。

参考文献

- 1) 北原： Japan Hardcopy '99, 論文集 p335-338 (1999)
- 2) 北原： IS&T 's 11th International Congress on Non-Impact Printing Technologies, 論文集 p346-349(1995)
- 3) 碓井： IS&T 's 12th International Conference on Digital Printing Technologies, 論文集(1996)
- 4) 高橋： IS&T 's 17th International Conference on Digital Printing Technologies, 論文集(2001)
- 5) 高橋・奥村： IS&T 's 23rd International Conference on Digital Printing Technologies, 論文集 p314-318(2007)

禁無断転載

2007 年度

ビジネス機器関連技術調査報告書(“ 3 ” 部)

発行 社団法人 ビジネス機械・情報システム産業協会
技術委員会 技術調査小委員会

〒105-0003 東京都港区西新橋 3-25-33

NP 御成門ビル 4F

電話 03-5472-1101

FAX 03-5472-2511